

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ –
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**

**Hornicko-geologická fakulta
Institut hornického inženýrství a bezpečnosti**

**TECHNOLOGIE UKLÁDÁNÍ VELDEJŠÍCH
ENERGETICKÝCH PRODUKTŮ –
BÁŇSKÉ POSTUPY**

diplomová práce

Autor:

Vedoucí práce:

Bc. Michaela Pfeiferová

Ing. Pavel Zapletal, Ph.D.

Ostrava 2013

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Michaela Pfeiferová**

Studijní program: N2111 Hornictví

Studijní obor: 2101T008 Hornické inženýrství

Téma: **Technologie ukládání vedlejších energetických produktů - báňské postupy**
Storage technology of side energy products - mining practices

Zásady pro vypracování:

Úvod

1. Historie ukládání popílku a škváry (do roku 1995)
 2. Odsíření elektráren – nové podmínky ukládání VEP
 3. Používané technologie ukládání VEP – výhody a nevýhody jednotlivých řešení vč. provozních zkušeností
 4. Návrh metodiky při ukládání VEP - provozně manipulační řád
- Závěr

Rozsah práce: 30 - 35 stran textu, 5 -10 grafických příloh.

Seznam doporučené odborné literatury:

Vyhláška ČBÚ č. 26/1989 Sb., o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a při činnosti prováděné hornickým způsobem na povrchu.

KRYL, V. a kol.: *Povrchové dobývání ložisek*, skriptum VŠB-TU Ostrava, 1997, Ostrava.

JURNÍK, A.: *Ekologické skládky domovního a průmyslového odpadu*, ALDA 1994, Olomouc, ISBN 80-856-32-3.

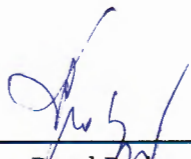
Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Pavel Zapletal, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2012

Datum odevzdání: 30.04.2013




prof. Ing. Pavel Prokop, CSc.
vedoucí institutu


prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.
děkan fakulty

Prohlášení

Celou diplomovou práci včetně navržené metodiky, jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu. Použité přílohy byly grafickým podkladem pro navrhovanou metodiku a byly použity s laskavým souhlasem společnosti ARCADIS Bohemiplan s. r. o.

Byla jsem seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).

Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

Souhlasím s tím, že diplomová práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Mostě dne 22. dubna 2013

Bc. Michaela Pfeiferová

Anotace

V této diplomové práci je uveden popis metod ukládání vedlejších energetických produktů (VEP) a způsob jejich využití. V úvodní části práce je uvedena historie ukládání a využitelnosti VEP až do současné doby. V další části práce je zpracován popis VEP a přehled jednotlivých metod ukládání VEP ve vybraných elektrárnách skupiny ČEZ v ČR. Při návrhu řešení ukládání VEP byla řešena otázka porovnání výhod a nevýhod jednotlivých metod z hlediska technické vhodnosti, ekologické a ekonomické náročnosti. Navržená metodika vychází z konkrétního modelu ukládání VEP na elektrárně Pruněrov. Výsledkem práce je návrh metody ukládání VEP na úložištích.

Klíčová slova: Vedlejší energetické produkty, VEP, metoda, ukládání, ČEZ

Summary

This dissertation describes methods of saving energy by-products (VEP) and their use. The introductory part of the dissertation deals with the history storage and usability VEP until now. In another part of the study is a description of the VEP overview of the methods of placing VEP in selected power group CEZ in the Czech Republic. When designing storage solutions VEP, the question of comparing the advantages and disadvantages of each method in terms of technical suitability from the point of view of environmental and economic performance was solved. The proposed methodology is based on the model of the power saving VEP Prunerov. Result of this work is to design methods for storing VEP repositories.

Key words: Energy by-products, VEP, method, storage, CEZ

Obsah

Úvod.....	1
1 Historie ukládání popílku a škváry	2
1.1 Metodika ukládání VEP u vybraných typů tepelných elektráren ČEZ	4
1.1.1 Elektrárna Prunéřov	4
1.1.2 Elektrárna Mělník	5
1.1.3 Elektrárna Hodonín.....	5
1.1.4 Elektrárna Ledvice.....	6
1.1.5 Elektrárna Poříčí	7
1.1.6 Elektrárna Dětmárovice	7
2 Odsíření elektráren – nové podmínky ukládání VEP	8
2.1 Odsiřovací metody	9
2.1.1 dle způsobu zachycování oxidu siřičitého	9
2.1.2 dle způsobu aplikace účinné látky	9
2.2 Použité odsiřovací metody	10
2.3 Popis jednotlivých metod.....	10
2.3.1 Mokrý vápencová metoda	11
2.3.2 Ostatní odsiřovací systémy	17
2.4 Druhy VEP	19
2.4.1 Popílek	19
2.4.2 Struska	19
2.4.3 Energosádrovec.....	20
2.5 Využití VEP	21
3 Technologie ukládání VEP, výhody a nevýhody.....	23
3.1 Používané technologie ukládání VEP	23
3.1.1 Metoda ukládání báňskou technologií	23
3.1.2 Metoda čerpání husté hydrosměsi.....	24
3.1.3 Metoda zpětného odvozu do vyuhlených lomů	24
3.2 Výhody a nevýhody jednotlivých způsobů likvidace VEP	25
3.2.1 Metoda ukládání báňskou technologií	25
3.2.2 Metoda čerpání husté hydrosměsi.....	25

3.2.3	Metoda zpětného odvozu do vyuhlených lomů	25
4	Metodika při ukládání VEP	26
4.1	Místně provozní předpis.....	26
4.1.1	Charakter a účel stavby	26
4.1.2	Technický popis stavby	26
4.2	Technologie zakládání VEP.....	28
4.2.1	Zakládání pomocí pomocné mechanizace	29
4.2.2	Zakládání pomocí dálkové pásové dopravy.....	31
	Závěr	34
	Použitá literatura	35
	Seznam tabulek	37
	Seznam grafů	38
	Seznam obrázků	39
	Seznam příloh	40

Použité zkratky

VEP	Vedlejší energetické produkty
EGS	Energosádrovec
ČEZ	ČEZ
MVV	Mokrý vápencová vypírka
PSV	Polosuchá vápencová vypírka
HTÚ	Hlavní technický úsek
PS	Poháněcí stanice
VS	Vratná stanice
ČDV	Čistička důlních vod
ČS	Čerpací stanice
PD	Pásová doprava
DPD	Dálková pásová doprava
PVZ	Pásový vůz zakládací
SV	Shazovací vůz
ČR	Česká republika

Úvod

Energetika České republiky vytváří více jak 40% energie ze spalování fosilních paliv hnědého a černého uhlí. Spalováním uhlí v uhelných elektrárnách vznikalo v minulosti velké množství nevyužitelného odpadu, který se ukládal bez dalšího využití na skládky. V současné době již převažuje moderní způsob využívání těchto vedlejších produktů v nejrůznějších oblastech dalšího zpracovávání. [17]

Po rekonstrukci elektroodlučovačů a výstavbě odsiřovacích zařízení a fluidních kotlů elektráren a tepláren v letech 1992 – 1998 se dosáhlo výrazného snížení emisí do ovzduší, ale zároveň se zvětšilo množství vedlejších energetických produktů (VEP) o výstupy z čištění spalin. V roce 1993 se dařilo z celkové produkce vedlejších energetických produktů využít jen necelá 4% a zbytek byl uložen jako nepotřebný materiál. Postupem času v roce 2002 bylo využito již cca 86,5% vedlejších energetických produktů a jako nepotřebný materiál uloženo do vyuhlených prostor jen 13,5% vedlejších energetických produktů.

Velkou roli v tomto pozitivním vývoji sehrál zákon o ochraně ovzduší, který stanovil dosažení přísných emisních limitů. Elektrárenská společnost ČEZ vynaložila v letech 1992–1998 na realizaci svého ekologického programu a odsíření elektráren 46 miliard korun v přímých investicích a cca 65 miliard investic souvisejících. [12] Téměř 90 % vedlejších energetických produktů z procesu odsíření již nepatří do kategorie nebezpečných odpadů, ale lze je dále využít.

Na stávajících odsířených elektrárnách společnosti ČEZ jsou používány tři způsoby dopravy a ukládání vedlejších energetických produktů, a to metoda ukládání báňskou technologií, metoda čerpání husté hydrosmeši a metoda zpětného odvozu do vyuhlených lomů. Druh využití konkrétní metody závisí na místě uložení a vzdálenosti od elektrárny, případně vzdálenosti od vyuhlených lomů a také na ekonomické situaci.

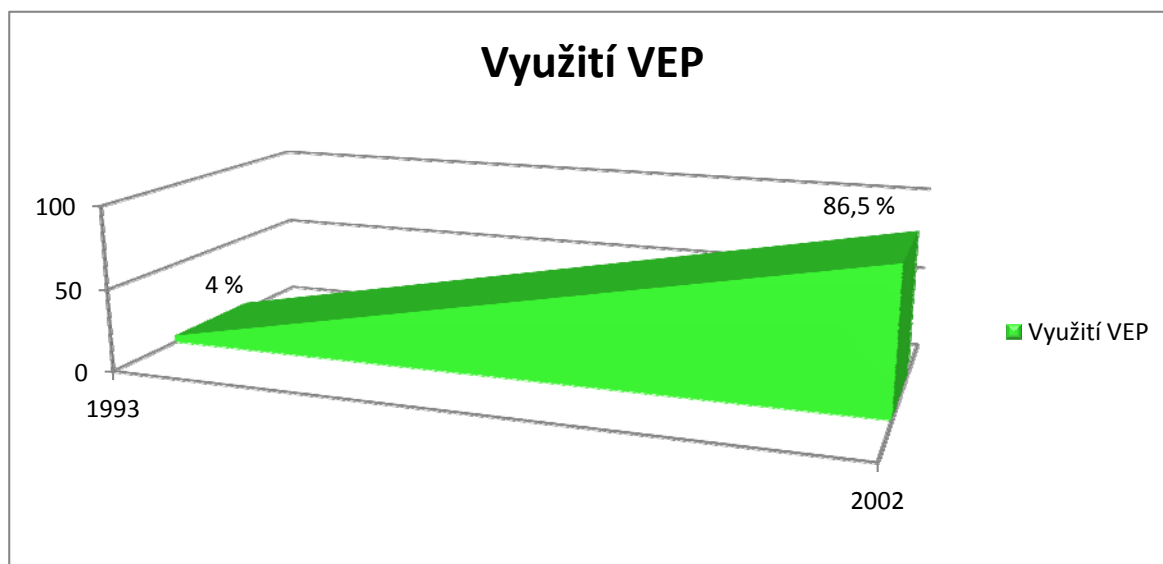
Návrh metodiky ukládání vedlejších energetických produktů vychází z konkrétního modelu využívání VEP na elektrárně Prunéřov.

1 Historie ukládání popílku a škváry

Od zahájení provozu klasických tepelných elektráren byla likvidace popílku a škváry prováděna hydraulickou cestou. Od míst vzniku těchto vedlejších energetických produktů v elektrárně (výpady popílku z kotlů, zadních tahů a odlučovačů) byly dopravovány pomocí splavovacích kanálů do jímek bagrovacích čerpacích stanic. Odtud byla hydrosměs čerpána bagrovacími čerpadly potrubím na odkaliště vedle elektráren. Po rekonstrukci elektroodlučovačů, výstavbě odsiřovacích zařízení a fluidních kotlů elektráren a tepláren v letech 1992 – 1998 se dosáhlo výrazného snížení emisí do ovzduší, ale zároveň se zvětšilo množství vedlejších energetických produktů (VEP) o výstupy z čištění spalin.

Zatímco v roce 1993 se podařilo z celkové produkce v elektrárnách ČEZ téměř 8 mil. tun vedlejších energetických produktů využít jen necelá 4%, v roce 2002 bylo využito již 7,8 mil. tun z celkového množství 9 mil. tun, což je cca 86,5% a uloženo jako nepotřebný materiál do vyuhlených prostor jen 1,2 mil. tun vedlejších energetických produktů, čemuž odpovídá 13,5%. [4]

Graf 1 Využití VEP



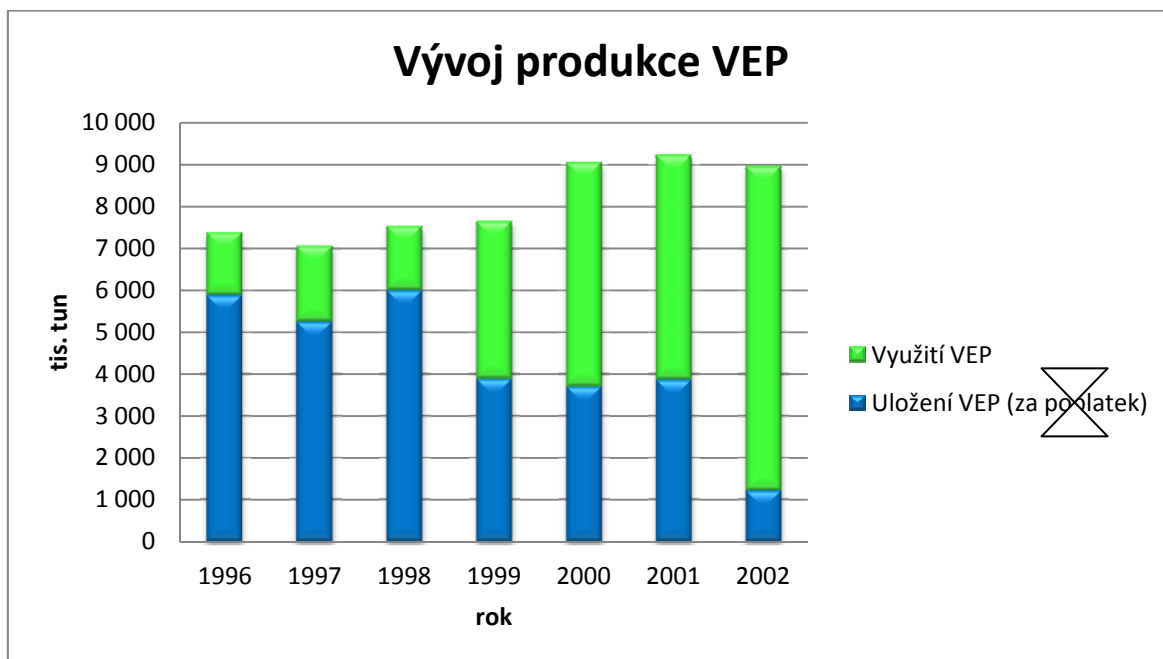
Zdroj dat: Energetické využití a zneškodňování odpadů. [4]

Tabulka 1 Vývoj produkce VEP v elektrárnách ČEZ

Vývoj produkce VEP v elektrárnách ČEZ						
rok	Celková produkce VEP		Využití VEP		Uložení VEP	
	tis. tun	%	tis. tun	%	tis. tun	%
1996	7 392	100	1 510	20,4	5 882	79,6
1997	9 065	100	1 816	22,5	5 249	77,5
1998	7 545	100	1 545	20,5	6 000	79,5
1999	7 655	100	3 769	49,2	3 886	50,8
2000	9 066	100	5 365	59,2	3 701	40,8
2001	9 240	100	5 375	58,2	3 865	41,8
2002	8 973	100	7 758	86,5	1 215	13,5

Zdroj dat: Energetické využití a zneškodňování odpadů. [4]

Graf 2 Vývoj produkce VEP na elektrárnách ČEZ



Zdroj dat: Energetické využití a zneškodňování odpadů. [4]

1.1 Metodika ukládání VEP u vybraných typů tepelných elektráren ČEZ

V této kapitole je popsána metodika ukládání vedlejších energetických produktů na vybraných elektrárnách ČEZ a to již od roku 1960, kdy proběhlo zahájení provozu některých elektráren.

1.1.1 Elektrárna Prunéřov

Odkaliště A III (A III – I, A III – II)

Jedná se o klasické řešení se základní a se zvyšovacími hrázemi, které byly vybudovány ze zahliněných štěrkopísků. Odkaliště je vodním dílem II. kategorie. Celková plocha odkaliště A III je 123,6 ha. Ukládaným materiálem byly veškeré popeloviny ze spalovacího procesu hnědého uhlí z elektrárny Prunéřov, které byly dopravovány hydraulicky.

Termín ukončení ukládky byl rozdělen do dvou termínů, na části odkaliště A III – I byla ukončena v říjnu 1999, na druhé části A III – II až v měsíci říjnu roku 2002. Ukládací proces probíhal dlouhodobě od roku 1980. Souběžně se stavbou zvyšovacích hrází probíhala technická a následně i biologická rekultivace na hrázích nižších.

Po ukončení plavení popelovin v roce 2002 byla provedena technická rekultivace formou navážky vrstvy štěrkopísku o mocnosti 0,2 m. Pro úspěšné provedení biologické rekultivace byla v rámci technické rekultivace dále provedena roznáška kompostové zeminy po ploše na místa budoucí výstavby. Navezená vrstva byla hutněna pouze pojezdem mechanizace při jejím navážení. K žádnému promísení se spodními horizonty nedošlo.

Odkaliště A III (A II) – „Louka“

Jedná se o klasické řešení se základní a se zvyšovacími hrázemi, které byly budovány ze zahliněných štěrkopísků. Odkaliště je vodní dílo II. kategorie. Plocha odkaliště A III (A II) – „Louka“ je 68,7 ha. Ukládaným materiálem byly veškeré popeloviny ze spalovacího procesu hnědého uhlí z elektrárny Prunéřov, které byly dopravovány na odkaliště mokrou cestou. Ukládka na tomto odkališti byla ukončena roku 1980.

Po ukončení plavení popelovin v roce 1980 byla provedena technická a biologická rekultivace stejně jako u odkaliště A III (A III – I, A III – II).

1.1.2 Elektrárna Mělník

Odkaliště Horní Počáply – „Panský les“

Odkaliště Panský les vybudované systémem zvyšování hrází, je využíváno od zahájení provozu elektrárny Mělník v roce 1960. Ukládané produkty vedlejší energetické produkce z energetického spalování hnědého uhlí jsou aglomerát – popílek vlhčený vodou a struska.

V současné době je zde ukládána hydraulicky struska. Popílek je přepracováván v míchačkách Eirich na aglomerát, který jako stavební certifikovaný materiál slouží k dotvarování konečného tvaru pro rekultivace. Po ukončení hydraulické dopravy bude k dotvarování odkaliště použita i odvodněná struska jako certifikovaný stavební materiál. Aglomerát je dopravován na úložiště trubkovým pásovým dopravníkem a na místo uložení pak otevřenými pásovými dopravníky. Na vlastní ploše odkaliště cca 163 ha probíhá finální tvarování na stanovenou kótu 223 m n. m. s navazující technickou a biologickou rekultivací po jednotlivých stanovených dílčích plochách.

Protiprašné opatření je zajišťováno ukládáním vlhčeného materiálu a závlahovou soustavou, po dokončení tvarování pak překrytím zeminou. V současnosti je dotvarováno cca 18 ha, z toho 6 ha je překryto zeminou o mocnosti 0,5 m, zbytek vrstvou 0,3 m. Skutečná navezená vrstva musí mít větší mocnost, neboť údaje o mocnostech překryvných vrstev jsou po slehnutí navezené zeminy, po hutnění mechanizací. Údaje jsou vztaženy k vrcholovému platu odkaliště.

1.1.3 Elektrárna Hodonín

Odkaliště Zbrod

Jedná se o odkaliště rovinného typu, které bylo z provozních důvodů rozděleno středovou dělicí hrází na dvě části – jižní a severní, každou z obou částí tvoří tzv. bazén. Odkaliště bylo, po naplavení do úrovně 223 m n. m. produktů vedlejší energetické produkce, postupně dobudovávalo formou zvyšovacích hrází.

Zvyšovací hráze byly tvořeny ze směsi stabilizátu, který je směsí popelovin produktem odsíření a případně vápna. Po jejich vybudování pak byl popílek a struska

ze spalovacího procesu hnědého uhlí společně se stabilizátem pomocí bagrovacích čerpadel hydraulicky dopravován potrubím trasou na odkaliště. Transportní voda včetně průsakové byla odváděna zpět do elektrárny k novému použití.

Při provozu se střídavě plnil severní nebo jižní bazén struskopopílkovou hydrosměsí a stabilizátem, přičemž odstavený bazén byl ve výstavbě, kdy docházelo k navyšování hrází. Každá hráz má drenážní prvek, který je ukončen patním drénem vedeným po obvodu hráze a je vždy propojen do patního drénu hráze nižší. Po celém obvodu základní hráze je veden drén kombinovaný s vertikálními odvodňovacími prvky. Tento drén snižuje napětí podzemních vod v patě hrázového systému a dále vytváří odvodňovací prvek při vyšších stavech podzemní vody v okolí složiště.

Termíny ukončení ukládky byly rozděleny do dvou částí. V severní části bylo hydraulické ukládání ukončeno v únoru roku 1998.

Zde povrch naplaveného materiálu zakryli geotextilií, což slouží jako ochrana pro práše a v terénní prohlubni uvnitř bazénu je udržována vodní hladina cca 1 m pod úrovní koruny poslední navyšovací hráze, kdy výška hráze je 3,5 m. V jižní části bylo hydraulické ukládání ukončeno v roce 1994 a od roku 1998 byla zahájena výstavba kazet a dotváření krajiny. Konečným záměrem byly čtyři kazety, kdy první je již dokončena, její prostor je pokryt nepropustnou folií a pro její další využití je možné ukládání necertifikovaných vedlejších energetických produktů, případně městského komunálního odpadu. Ostatní kazety byly před dokončením změněny na vytvarování povrchu složiště – krajinaotvorba.

1.1.4 Elektrárna Ledvice

Odkaliště Eleonora

Jedná se o vyuhlený prostor po dřívější důlní činnosti vyplněný hydrosměsí strusky a veškerých popílků klasických kotlů – produkty z energetického procesu spalování uhlí. Ukládka popelovin byla ukončena v roce 2000. Celková plocha odkaliště 48,48 ha je členěna na tři části: plato odkaliště, hrázový systém a podmáčené plochy pod hrázovým systémem. Kapacita vyuhleného prostoru byla po jeho zaplavení navýšena systémem odvodňovacích hrází. Do nově vzniklého prostoru probíhala ukládka stejným způsobem, tedy mokrou cestou, až po konečnou výškovou kótu.

K žádnému hutnění tohoto profilu v průběhu ukládání nedocházelo. Plocha odkaliště a hrázového systému byla povezena zeminou o mocnosti 0,6 m ve dvou vrstvách. První vrstva byla promísena s vrstvou uložených popelovin a následně překryta vrstvou druhou. Podmáčená plocha pod hrázovým systémem byla překryta vrstvou zeminy o mocnosti 0,45 m. Navážená zemina byla hutněna pouze pojezdem mechanizace potřebné pro její navážení.

1.1.5 Elektrárna Poříčí

Odkaliště Debrné

Jedná se o údolní typ odkaliště s ukončeným provozem hydraulického plavení na hrázových systémech. Je zde dopravována zahuštěná směs tlakovým potrubím z elektrárny Poříčí, kdy definitivní materiál vzniká až v kazetě po vyvržení, což trvá až 3 roky.

Stabilizát je produktem odsíření produktů vzniklých při energetickém spalování hnědého a černého uhlí a biomasy. Odkaliště je rozděleno na dvě kazety. Na první kazetě je od roku 2000 ukončeno ukládání. Uložený stabilizát byl překryt navezenou vrstvou zeminy o mocnosti 0,3 m. Zemina byla hutněna pouze pojezdem mechanizace potřebné pro její rozvrstvení. Tato vrstva nebyla žádným způsobem promísena se spodní vrstvou stabilizátu. Na druhé kazetě probíhá ukládání, a součástí výstavby je i modelování sběrného kanálu povrchových vod.

1.1.6 Elektrárna Dětmárovice

Složisko Zimní důl – Orlová

Složisko popelovin Elektrárny Dětmárovice v Orlové má svá specifika. Bylo vybudováno v opuštěném zemníku cihelny na lokalitě zvané Zimní důl v 70. letech minulého století. Do prostor složisko byly ukládány suchou cestou popeloviny z černého uhlí a to škvára, hrubý a jemný popel, dále zde byl ukládán komunální odpad, kaly z čištění vod a v posledních letech v malém množství i energosádrovec. Vrstvy uloženého energosádrovce byly vždy překryty vrstvou popelovin s min. mocností 0,5 m.

Specifickou vlastností vedlejších energetických produktů ze spalování černého uhlí je jejich vysoká zásaditost, což si vyžádalo vyšší mocnost konečné překryvné vrstvy a to až 0,6 m. [5]

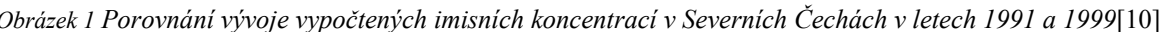
2 Odsíření elektráren – nové podmínky ukládání VEP

Snižování emisí oxidů síry a dusíku bylo vyvoláno přijetím zákona o ovzduší č. 309/1991 Sb., ve znění pozdějších předpisů. Zákon zavedl emisní limity pro nové zdroje, přičemž tyto limity byly vyhlášeny jen pro střední a velké zdroje znečišťování. Za střední zdroje považuje uvedený zákon v § 3 zařízení na spalování paliv o tepelném výkonu od 0,2 do 5 MW, za velké zdroje o tepelném výkonu nad 5 MW. Zákon uložil dosáhnout emisní limity nejpozději do 7 let od vzniku platnosti, tj. do konce roku 1998. Zdroje o tepelném výkonu nižším než 0,2 MW jsou považovány za malé zdroje znečišťování a nevztahují se na ně emisní limity. Každý existující střední a velký zdroj měl stanoven emisní limit pro stávající zdroje, který vycházel z minima dosažitelných emisí na daném zdroji. Ten stanovila individuálním posouzením pro každý zdroj jednotlivě Česká inspekce životního prostředí. Součástí správního rozhodnutí o emisním limitu pro stávající zdroje byla i stanovena doba pro dosažení emisního limitu pro zdroje nové, a to k 31. 12. 1998. Od roku 2000 přešla kompetence stanovení limitů na Krajské Úřady.

V letech 1992 – 1998 elektrárenská společnost ČEZ realizovala nejrozsáhlejší a nejrychlejší ekologický a rozvojový program v Evropě vedoucí k ekologizaci ovzduší. V rámci tohoto programu v hodnotě cca 46 miliard korun přímých investic a cca 65 miliard investic souvisejících bylo v uhelných elektrárnách společnosti instalováno celkem 28 odsiřovacích jednotek a 7 fluidních kotlů. Došlo k rekonstrukci odlučovačů popílku a modernizaci řídicích systémů elektráren.

Díky uskutečnění programu odsíření se podařilo oproti úrovni z počátku 90. let snížit emise oxidu siřičitého o 92 %, pevných částic popílku o 95 %, emise oxidů dusíku o 50 % a oxidu uhelnatého o 77 %. Téměř 90 % vedlejších energetických produktů z procesu odsíření již nepatří do kategorie nebezpečných odpadů, ale lze je dále využít.

Převažujícím palivem ve velkých a středních zdrojích zůstává severočeské hnědé uhlí. Obsah síry se obvykle pohybuje v rozmezí od 0,8 do 1,5 % v původním palivu. Dosažení emisních limitů buď vyžaduje přechod na spalování nízkosírných či bezsírných paliv, nebo použití procesů odsiřování spalin. [10]



2.1 Odsiřovací metody

- **regenerační** - aktivní látka se po reakci s oxidem siřičitým regeneruje a vrací zpět do procesu, oxid siřičitý se dále zpracovává
- **neregenerační** - aktivní látka reaguje s oxidem siřičitým na dále využitelný nebo nevyužitelný produkt a zpět do procesu se nevrací

- **mokrý** - oxid siřičitý se zachycuje v kapalině nebo vodní suspenzi aktivní látky
- **polosuchý** - aktivní látka je ve formě vodní suspenze vstříkována do proudu horkých spalin, kapalina se poté odpaří a produkt reakce se zachycuje v tuhém stavu
- **suchý** - oxid siřičitý reaguje s aktivní látkou v tuhém stavu

České elektrárny převážně používají jako metodu pro odsíření spalín mokrou vápencovou vypírku. V absorberu (nádobě o průměru cca 15 m a výšce cca 40 m) procházejí kouřové plyny několikasupňovou sprchou, která rozstříkuje vápencovou suspenzi, tj. rozemletý vápenec ve vodě. Oxid siřičitý reaguje a vzniká hydrogensířičitan vápenatý, který dále oxiduje na dihydrát síranu vápenatého. Vzniklý produkt - tzv. energosádrovec - lze výhodně využít pro výrobu sádry (alfa sádra a beta sádra), stavebních dílů, cementu a stabilizátu.

2.2 Použité odsiřovací metody

Aplikace konkrétní metody závisí především na velikosti zdroje a na místních podmínkách. U středních zdrojů, jejichž tepelné výkony jsou nevelké, se nejvíce uplatnila záměna paliva, zejména plynofikace měst, obcí a průmyslových závodů. Rovněž velké zdroje o výkonech blízkých k hranici pro zdroje střední, uplatnily buď záměnu uhlí za zemní plyn, nebo jednoduché odsiřovací metody, např. dávkování vápna před tkaninový odlučovač. Teprve u energetických jednotek o vyšším výkonu se uplatnila metoda odsíření vápnem (vápennou suspenzí, vápenným mlékem) v rozprašovacích sušárnách a u převážné většiny elektrárenských bloků pak zejména mokrá vápencová metoda, spočívající v odsiřování spalín vodní suspenzí vápence s produkcí energosádrovce. Současně bylo započato s výstavbou nových fluidních kotlů spalujících uhlí za atmosférického tlaku při odsiřování spalín vápencem dávkovaným za sucha do fluidní vrstvy.

Z celkového odsířeného výkonu 5930 MW je 3510 MW odsířené v elektrárnách v severozápadních Čechách, což proběhlo v letech 1992 - 1998.

2.3 Popis jednotlivých metod

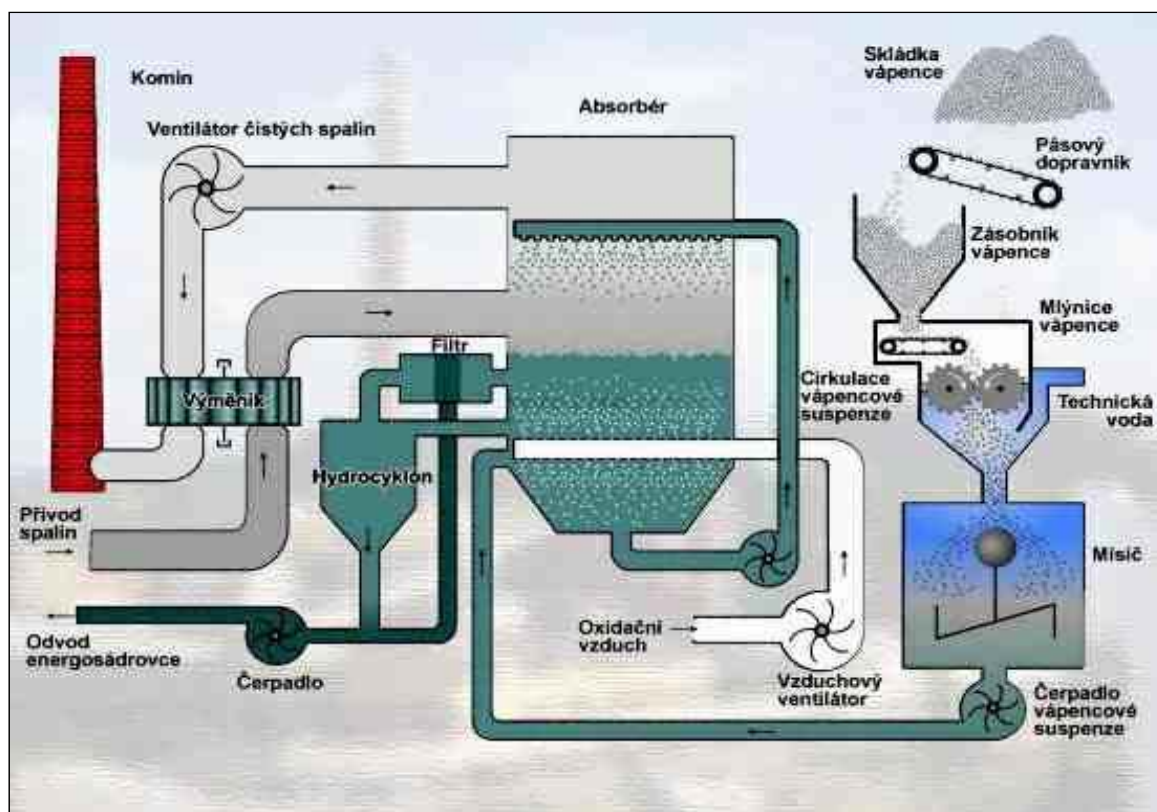
V elektrárnách České republiky se stala převažujícím odsiřovacím systémem mokrá vápencová metoda s produkcí energosádrovce.

Koncepce jednotlivých systémů se značně liší co do uspořádání technologické linky i co do typu používaných aparátů. Dále jsou uvedeny zásadní rozdíly mezi jednotlivými systémy, které vycházejí ze znalostí jednotlivých dodavatelů.

2.3.1 Mokrá vápencová metoda

Reakčním činidlem, na kterém se oxid siřičitý zachycuje, je vodní suspenze jemně mletého vápence, produktem odsíření je i hydrát síranu vápenatého tzv. energosádrovec. Účinnost zachycení oxidu siřičitého je vysoká, dosahuje až 96 % při současně vysokém využití reakčního činidla vápence. Produkt odsíření, energosádrovec, je velmi dobře využitelný zejména ve stavební výrobě, kde plně nahradí používaný přírodní sádrovec. Energosádrovec je využíván jako přísada při výrobě cementu a sádry.

Principem odsířování je vypírání plynného oxidu siřičitého, obsaženého ve spalinách vodní vápencovou suspenzí za vzniku roztoku hydrogensířičitanu vápenatého. Hydrogensířičitan vápenatý je poměrně dobře rozpustná sůl, kterou lze snadno oxidovat již v odsířovacím reaktoru a tak získat dihydrát síranu vápenatého (energosádrovec). Čistota energosádrovce je vysoká, protože jde o krystalizaci z roztoku. [14]



Obrázek 2 Schéma odsíření mokrou vápencovou cestou [14]

Technologický proces odsiřování

Spaliny, odcházející z kotle, jsou v elektrostatickém odlučovači zbaveny téměř všech tuhých látek (popílku) a vstupují do odsiřovacího zařízení, tzv. absorbéru. Absorbér je vertikální nádoba obdélníkového nebo častěji kruhového průřezu. Průměr absorbéru, např. pro blok 200 MW, je asi 15 m a výška 43 m. V jeho horní části jsou vestavěny 3 až 4 tzv. sprchové roviny, spodní část (asi 1/5 výšky absorbéru) tvoří jímka absorpční suspenze a střední část nazýváme absorpční zónou. Sprchová rovina je horizontální potrubní síť opatřená velkým množstvím speciálních trysek, kterými se po celé ploše absorbéru rozstřikuje absorpční činidlo vápencová suspenze. Trysky jsou konstruovány tak, aby kapičky rozstříkované vápencové suspenze byly co nejmenší a usnadnily se tak reakce s oxidem siřičitým.

Spaliny vstupující do absorbéru ve spodní části, absorpční zóny stoupají do horní části absorbéru a jsou během proudění zkrápěny vápencovou suspenzí rozstříkovanou v horní části absorbéru. Padající kapičky vápencové suspenze přicházejí do styku se stoupajícími spalinami a absorbují oxid siřičitý obsažený ve spalinách. Ve spodní části absorbéru v jímce se zachycuje suspenze siřičitanu vápenatého, vzniklá reakcí mezi oxidem siřičitým s vápencovou suspenzí. Do suspenze zachycené v jímce je vháněn oxidační vzduch, čímž dochází k oxidaci siřičitanu na síran vápenatý (sádrovec) a následně ke krystalizaci sádrovce. Jímka absorbéru musí mít patřičný objem, aby doba zadržení suspenze v jímce byla dostatečně dlouhá a došlo ke krystalizaci sádrovce.

Spaliny vstupující do absorbéru s teplotou 140 až 160 °C jsou v něm ochlazeny sprchováním vápencovou suspenzí a vystupují z něj s teplotou asi 59 °C. V závislosti na místních podmínkách jsou vyčištěné spaliny po opuštění absorbéru zavedeny buď do chladících věží, nebo do komínů a vypuštěny do atmosféry. Spaliny po průchodu absorbérem jsou nasyceny vodní párou, vzniklou odpařením vody obsažené ve vápencové suspenzi, a obsahují velké množství kapiček vápencové a sádrovcové suspenze unášené spalinami proudícími absorbérem. Aby se zabránilo unikání těchto kapiček z absorbéru a jejich následnému rozptýlu do atmosféry, jsou v horní části absorbéru nad sprchovou zónou umístěny odlučovače kapek, které je zachycují. Pro lepší rozptýl vyčištěných spalin v ovzduší jsou před zavedením do komína zpravidla opět ohřívány na teplotu přibližně 80 až 90 °C, s využitím tepla odebraného spalinám před vstupem do absorbéru. [14]

Příprava vápencové suspenze

K přípravě vápencové suspenze k vypírání spalin se užívá vápenec o obsahu uhličitanu vápenatého 90 až 95 %. Do elektrárny je dodáván buď jako vápencový šterk (zpravidla o velikosti 22,5 -120 mm), nebo jako jemně mletý, podobný mouce. V podstatě se dá říci, čím jemnější, tím lepší. Proto se vápencový šterk musí upravit na příslušnou jemnost. Do elektrárny je šterk dopravován ve výsypných vagonech. Z nich je dopraven pásovými dopravníky na skládku. Kapacita skládky bývá na 10 až 14 dní provozu odsiřovacího zařízení. Ze skládky je vápenec odebírán do zařízení na jeho další zpracování.

Další proces je rozdělen do dvou stupňů. Prvý stupeň je drcení, druhý mletí. Pro drcení vápence jsou používány kladivové mlýny, ve kterých je vápenec zdrobněn na velikost zrna do 3 mm. Bezprostředně na kladivový mlýn navazuje tzv. kulový mlýn, ve kterém se za mokra (ve vodní suspenzi) semílá drcený vápenec na požadovanou jemnost. Protože ne všechna vápencová zrna dosahují po průchodu mlýnem potřebné velikosti, je namletý materiál tříděn a zrna nadměrné velikosti jsou vracena zpět k domletí. Název kulový mlýn je odvozen od principu, na kterém mlýn pracuje. Mlýn je tvořen ocelovým válcem o průměru 2 až 4 m a délce až 10 m, který je naplněn ocelovými mlecími koulemi zpravidla tří různých průměrů. Ocelový válec se otáčí kolem své osy a unáší s sebou mlecí koule, které se uvnitř převalují, narážejí na stěny a jedna na druhou. Přitom drtí a melou vápenec. Současně se do mlýna dodává potřebné množství vody usnadňující mletí a vytvářející základ budoucí vápencové suspenze.

Po průchodu vápence mlýnem a jeho řádném namletí je suspenze připravena k dalšímu použití. Správně namletý vápenec obsahuje více než 90 % částic menších než 0,09 mm. Takto upravený vápenec je naředěn vodou na koncentraci 25 % vápence v suspenzi a přečerpán do provozních nádrží, z kterých je přímo dávkován do absorberu.

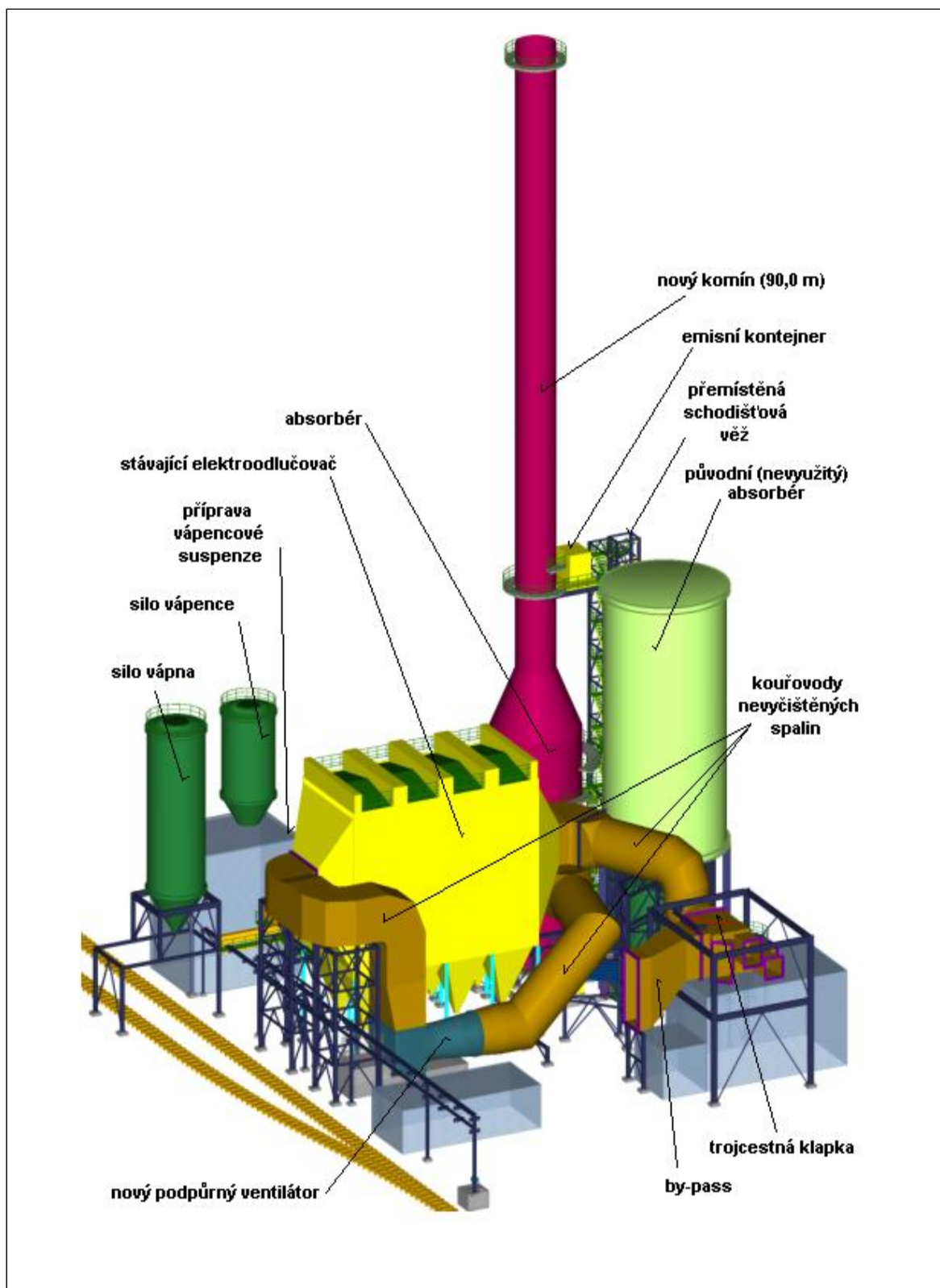
Zpracování energosádrovce

Produktem odsiřování spalin mokrou vápencovou metodou je energosádrovec. Tento pojem je používán pouze pro sádrovec vzniklý v odsiřovacím zařízení, aby se odlišil od sádrovce, který se v přírodě vyskytuje jako nerost a je také těžen pro průmyslové využití. Energosádrovec je však mnohem čistší než sádrovec přírodní.

V jímce odsiřovacího zařízení je suspenze obsahující směs mletého vápence, siřičitanu vápenatého a síranu vápenatého energosádrovec. Z této směsi chceme oddělit energosádrovec a dále jej použít. Využíváme k tomu rozdílné hmotnosti těžšího energosádrovec a lehčího vápence i siřičitanu vápenatého. Suspenze obsahující asi 10 % vykrystalizovaného energosádrovec se z absorbéru odčerpává a prostřednictvím hydrocyklonů se ze suspenze oddělí těžší energosádrovec. V dalším technologickém zařízení obsah vody v energosádrovci snížíme na 5 až 10 %. Používají se k tomu různé typy odvodňovacích zařízení průmyslové odstředivky nebo zařízení využívající pro snížení obsahu vody v energosádrovci vakuum. Tak fungují nejčastěji používané pásové filtry. Můžeme si jej představit jako pásový dopravník o šířce přibližně 2 m a délce 30 m. Pás je gumový, příčně drážkovaný a uprostřed po celé jeho délce jsou otvory o průměru 10 mm. Na gumovém pásu leží speciální hustě tkaná filtrační tkanina propouštějící vodu, ale ne energosádrovec, jehož suspenze se na tkaninu rozlévá. Pod gumovým pásem se vakuovým čerpadlem vytváří podtlak, který otvory v pásu odsává vodu z energosádrovec rozlévaného po filtrační tkanině. Na jednom konci pohybujícího se pásu je rozlévána sádrovcová suspenze, na druhém konci z pásu padá odvodněný sádrovec. [14]

Konstrukční nedostatky

Mezi konstrukční nedostatky náleží nedostatečné omývání povrchu absorbérů nebo jeho předchladiče v chladicí zóně absorbéru. Spaliny, které přicházejí z výměníku tepla, mívají teplotu v mezích 110 -140 °C a na teplotu absorpce, která bývá 55 - 60 °C se chladí adiabatickým odpařováním vody, ať již samotné nebo ze suspenze. Při nedostatečně zkrápěném povrchu dochází k odpařování vody ze suspenze na povrchu aparátu a k jeho k zarůstání úsadami, tvořenými především dihydrátem síranu vápenatého nebo, v případě zkrápění vodou, i zbytkovým popílkem neodloučeným ze spalin v elektroodlučovačích. Tyto nedostatky lze odstranit dodatečným zabudováním ostříků stěn, popřípadě i usměrněním toku spalin tak, aby byl rovnoměrný po celém průřezu aparátu



Obrázek 3Přehledný 3D model odsiřovací jednotky - Mokrá vápencová metoda. [16]

Dosavadní zkušenosti

Všechny instalace mokré vápencové metody v průběhu zkušebního provozu se potýkaly v menší či větší míře s tvorbou úsad a nánosů. Většinou, po zvládnutí optimálního režimu provozu technologie, se podařilo tyto problémy minimalizovat na úroveň běžnou v zahraničí, tj. čištění praček dvakrát do roka. [11]

Tabulka 2 Výstavba odsiřovacích jednotek na uhelných elektrárnách ČEZ

Výstavba odsiřovacích jednotek na uhelných elektrárnách			
elektrárna	výkon	metoda	instalace
Pruněrov I.	4 x 110 MW	MVV	prosinec 1995
Pruněrov II.	5 x 210 MW	MVV	srpen 1996
Počerady - 1. etapa	2 x 200 MW	MVV	listopad 1994
Počerady - 2. etapa	3 x 200 MW	MVV	listopad 1996
Ledvice	2 x 110 MW	PSV	prosinec 1996
Tušimice II.	4 x 200 MW	MVV	květen 1997
Tisová	100 MW	MVV	listopad 1997
Chvaletice	2 x 200 MW	MVV	prosinec 1997
Chvaletice	2 x 200 MW	MVV	listopad 1998
Dětmarovice	4 x 200 MW	MVV	červen 1998
Mělník	720 MW	MVV	listopad 1998

Zdroj dat: ČEZ a.s. [11]

Tabulka 3 Program útlumu uhelných bloků

Program útlumu uhelných bloků		
elektrárna	odstavený výkon	odstaveno
Pruněřov I.	110 MW	leden 1991
Tisová II.	100 MW	leden 1991
Tušimice I.	110 MW	červen 1991
Pruněřov I.	110 MW	leden 1992
Tisová II.	100 MW	leden 1992
Tušimice I.	110 MW	březen 1992
Hodonín	55 MW	leden 1993
Počerady	200 MW	leden 1994
Ledvice	110 MW	únor 1994
Hodonín	50 MW	leden 1995
Hodonín	50 MW	srpen 1996
Tušimice I.	110 MW	září 1996
Hodonín	50 MW	duben 1998
Tušimice	110 MW	duben 1998
Tisová	50 MW	červen 1998
Ledvice	200 MW	prosinec 1998
Poříčí	55 MW	prosinec 1998
Tušimice I.	110 MW	prosinec 1998
Tušimice I.	110 MW	prosinec 1998
Mělník II.	110 MW	prosinec 1998
Mělník II.	110 MW	prosinec 1998

Zdroj dat: ČEZ a.s. [11]

2.3.2 Ostatní odsiřovací systémy

Při použití fluidních kotlů se počítá s odsiřováním spalín suchou vápencovou metodou přímo ve fluidní vrstvě. Ve čtyřech uhelných elektrárnách (Hodonín, Poříčí, Tisová a Ledvice) bylo vybudováno a zprovozněno celkem 7 nových fluidních kotlů o celkovém parním výkonu 1890 t/h (elektrický výkon 497 MW).

Fluidní kotle jsou technologií spalování, která umožňuje přímé snižování emisí. Současná generace fluidních kotlů odsiřuje mletým vápencem, který se přidává do spalovací komory kotle. Množství přidávaného vápence se pohybuje mezi 2 - 3 násobkem stechiometrie a účinnost odsíření by měla dosahovat 80 – 90 %. Při koncentraci oxidu siřičitého v neodsířených spalinách cca 3000 - 4000 mg.m_n⁻³ to znamená, že možnost dosažení koncentrace 400 mg.m_n⁻³ leží na hranici běžně uváděného stechiometrického násobku. Většina tepláren za účelem plnění emisních limitů přešla na spalování zemního plynu. Větší teplárny uvažovaly o použití vápna buď v mokrosuchém způsobu, nebo o použití sorpce oxidu siřičitého vápnem za sucha ve fluidním absorbéru či o dávkování vápna před elektroodlučovače kotlů. [11]

Tabulka 4 Program výstavby fluidních kotlů v uhelných elektrárnách ČEZ

Výstavba fluidních kotlů na uhelných elektrárnách		
elektrárna	výkon	instalace
Ledvice	110 MW	říjen 1998
Tisová	86 MW	prosinec 1995
Tisová	86 MW	listopad 1997
Hodonín	60 MW	září 1997
Hodonín	45 MW	říjen 1997
Poříčí	55 MW	říjen 1996
Poříčí	55 MW	září 1998

Zdroj dat: ČEZ a.s. [11]

Mokrosuchá absorpce oxidu siřičitého vápnem

V elektrárně Ledvice je instalován způsob odsiřování spalin vápnem s použitím rozprašovacích sušáren na dvou blocích o instalovaném výkonu 110 MW. Elektrárna spaluje relativně kvalitní uhlí s nižším obsahem síry. Předností této metody je ve srovnání s mokrou vápencovou metodou jednoduchost a nižší investiční náročnost. Mezi nevýhody náleží vyšší náklady na vápno a omezená využitelnost produktu odsiřování (směs síranu a siřičitanu vápenatého s volným oxidem vápenatým a popílkem). Lze však zaznamenat jeho využívání při výrobě cementu a hlavně při výstavbě stěn a dna deponií komunálních odpadů. [11]

2.4 Druhy VEP

Při výrobě elektrické energie v uhelných elektrárnách vznikají produkty spalovacího procesu (struska a popílek) a z procesu odsiřování kouřových plynů energosádrovec. V minulosti byly struska a popílek dopravovány ve formě hydrosměsi do prostor jejich uložení, takzvaných odkališť. S cílem ekologizace provozu uhelných elektráren začal být od poloviny 90. let minulého století prosazován způsob ukládání suchou cestou, který je šetrnější k životnímu prostředí – podstatně snižuje množství vody, které přichází s ukládaným materiálem do styku a omezuje tak vypouštění vody do recipientu. Dalším krokem v ekologizaci byla certifikace produktů spalování a energosádrovce jako stavebních materiálů a to jednotlivě i ve směsích, jejich vlastnosti dále omezily množství vodních výluhů z ukládaných materiálů. Tyto směsi známé pod názvy stabilizát, deponát a aglomerát jsou s úspěchem používány k tvarování krajiny, zahlazování následků důlní činnosti a ke stavebním účelům. Všechny jsou považovány za vedlejší energetické produkty. [15]

2.4.1 Popílek

Popílek se získává elektrostatickým nebo mechanickým odlučováním prachových částic ze spalin, při spalování jemného mletého černého nebo hnědého uhlí.



Obrázek 4 Popílek [15]

2.4.2 Struska

Struska vzniká jako vedlejší produkt při spalování uhlí v granulačních kotlích. Následně po spalovacím procesu jemného mletého černého nebo hnědého uhlí se struska odlučuje ve výsypce spalovací komory kotle, kde přímo dopadá do vodní lázně a po následném odvodnění je připravena k expedici odběratelům.



Obrázek 5 Struska [15]

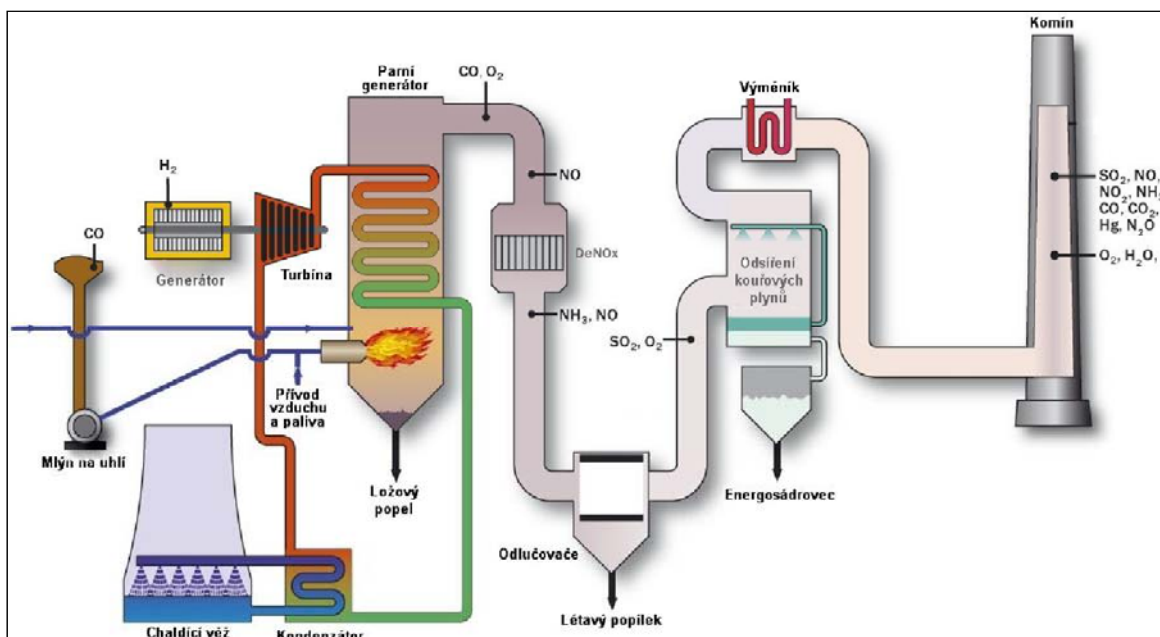
2.4.3 Energosádrovec

Energosádrovec neboli síran vápenatý - sádrovec je výsledný produkt z odsiřování spalin. Z jemně mletého těženeho vápence a vody je tvořena suspenze, která na sebe váže kyslíčníky síry a tím vzniká energosádrovec.



Obrázek 6 Energosádrovec [15]

Vedlejší energetické produkty vznikají při výrobě energie z fosilních paliv. Úletový popílek se odlučuje mechanicky z kouřových plynů. Struska je roztavený popel, který se chladí a granuluje. Energosádrovec je průmyslový název pro dihydrát síranu vápenatého, který se tvoří vysrážením oxidů síry ze spalin pomocí vápence.



Obrázek 7 Schéma vzniku popílku [15]

Produkty spalování uhlí se donedávna v České republice, považovaly za odpady a používaly se jako závážka vytěžených dolů. Představovaly proto značnou ekologickou zátěž. Později k nám byla z Německa importována technologie využití vedlejších energetických produktů ve stavebnictví. Hospodaření s těmito produkty se však setkávalo s některými problémy. Produkci této specifické komodity narušovaly plánované i neplánované odstávky elektráren či tepláren. Navíc, chemické složení popílku kolísalo podle výrobce. Dodávky popílku ovlivňoval také fakt, že elektrárny spalují nejvíce uhlí v zimě, kdy se staví nejméně. Tato omezení ztěžovala stálé obchodování s vedlejšími energetickými produkty v množství, které by odpovídalo kapacitě domácích elektráren a tepláren. [15]

2.5 Využití VEP

Vyrobená elektřina a teplo jsou hlavními energetickými produkty ČEZ. Tuhé zbytky po spalování uhlí (popel) a z čištění spalin v uhelných elektrárnách (energosađrovec) jsou pro nás vedlejší energetické produkty. Využití vyprodukovaných vedlejších energetických produktů má podle platného zákona o odpadech přednost před jejich odstraněním jako odpadů. Využití vedlejších energetických produktů při rekultivacích nebo ve stavebnictví nahrazuje přírodní neobnovitelné zdroje.

Množství vedlejších energetických produktů považujeme proto za jedno z měřítek našeho environmentálního profilu v nakládání s odpady.

Vedlejší energetické produkty nahrazují přírodní suroviny, snižují jejich těžbu a tím přispívají ke zmírňování ekologického zatížení krajiny. Díky domácímu i zahraničnímu boomu ve stavebnictví se vedlejší energetické produkty stávají stále zajímavějším obchodním artiklem. Veškeré aktivity související kolem obchodu s vedlejšími energetickými produkty v současnosti v rámci Skupiny ČEZ, řeší společnost ČEZ Energetické produkty, s.r.o.

Hlavními odběrateli vedlejších energetických produktů jsou stavební společnosti a výrobci stavebních hmot (cementárny a betonárky). Cílovým záměrem ČEZ Energetické produkty je postupné rozšíření nabídky služeb pro všechny klasické elektrárny ve Skupině ČEZ a maximální využití současné konjunktury ve stavebnictví a s tím spojený růst prodeje vedlejších energetických produktů.

Přírodní minerál - sádrovec - je cenným stavebním materiálem ve většině vyspělých zemí. Je laciný a dobře se s ním pracuje. Lze jej využívat při výrobě cementu jako regulátoru tuhnutí, dále na výrobu sádrových stavebních materiálů jako např. sádrokartonových desek, sádrových deskových materiálů, na výrobu sádrových omítek pro strojní omítání a také do jisté míry i při výstavbě parkovacích ploch a silnic jako podsypový materiál pro vybudování podzákladí.

V uplynulém desetiletí bylo využívání sádrových stavebních materiálů v ČR velice nízké a činilo cca 2 - 3 kg na obyvatele za rok, zatímco ve vyspělých zemích činí 30 - 52 kg na obyvatele za rok. Využití sádrovce pro výrobu sádrových stavebních materiálů bránila především nízká kvalita českého sádrovce u Kobeřic, který je znečištěn příměsmi a pro zpracování na sádrové materiály není vhodný. Odborné kruhy bývaly velice skeptické k jeho zavedení do stavební praxe v uplynulých letech. Zdá se, že s odsiřováním došlo k rozvoji jeho využití. Tak např. elektrárna Počeradý, která na svých pěti blocích o celkovém výkonu 1000 MW produkuje ročně 240 - 250 tis. tun sádrovce, který se prakticky úplně prodá zákazníkům. Převážnou část odebere závod na výrobu sádrokartonových desek Knauf Počeradý. Také další elektrárny počítají s odbytem vyrobeného energosádrovce. [11]

3 Technologie ukládání VEP, výhody a nevýhody

3.1 Používané technologie ukládání VEP

V současné době se v ČR na elektrárnách ČEZ používají metody ukládání vedlejších energetických produktů báňskou technologií, čerpání husté hydrosměsi a zpětného odvozu do vyuhlených lomů.

3.1.1 Metoda ukládání báňskou technologií

Příprava deponátu a stabilizátu se provádí v míchacích centrech v areálech elektráren, konkrétně jde o smíchání jednotlivých složek vedlejších energetických produktů, to znamená popílků, škváry a energosádrovce a jejich zvlhčení na takovou míru výsledného reponátu či stabilizátu, která zaručí minimální prašnost při dopravě z areálů elektráren na místo určení.

V těchto případech se dále využívá nejčastěji dálková pasová doprava, která se sestává z jednotlivých dopravníků (stabilních v trase mezi areálem elektrárny a úložištěm). Na místě ukládání, to znamená na úložišti či prostorech většinou v území vnější nebo vnitřní výsypky přilehlých šachet, se vlastní zakládání vedlejších energetických produktů provádí pomocí báňské technologie, využití přesuvného pasového dopravníku nebo dopravníků, které jsou přestavovány paralelním nebo vějířovitým způsobem. Na posledním dopravníku poježdí po kolejích shazovací vůz, který buď materiál převádí na pasový zakládací vůz, nebo vytváří těleso ukládaného materiálu podél zakládacího dopravníku (které je následně pomocí dozerů rozhrnováno do požadovaného tvaru). Konečná úpravu jednotlivých zakládaných lávek materiálů se vždy tvoří pomocí dozerů s následnými protiprašnými opatřeními.

Pod pojmem protiprašné opatření se rozumí překrytí povrchu vytvořené vrstvy z vedlejších energetických produktů buď inertním materiálem (např. skryvkou), nebo překrytím geotextilií, jako provozní opatření se používá postřik vodou. V posledních letech se s částečným úspěchem využívá protiprašné opatření – postřik buničinou. Finální protiprašné opatření se provádí travním osevem nebo závěrečnými rekultivačními pracemi.

Použití jednoho nebo druhého způsobu záleží na místních podmínkách a vlastním tvaru místa uložení a výsledného záměru tvarování ukládaného materiálu. Tento způsob je využíván například na elektrárnách Pruněrov, Tušimice a Mělník.

V některých případech (např. elektrárně Vřesová) při zahájení ukládání vedlejšího energetického produktu byla, místo stabilní pasové dopravy, využívána kolová doprava. V pozdějším období lze pro dopravu vedlejšího energetického produktu z elektrárny využít kolejovou dopravu.

3.1.2 Metoda čerpání husté hydrosměsi

Tento způsob je atypický a v ČR je využíván pouze na elektrárně Ledvice.

V míchacím centru jsou vedlejší energetické produkty namíchány do konzistence bahnité směsi, to znamená, že za klasickými mixéry je umístěna velká domíchávací nádrž, ze které je směs dávkována do speciálních vysokotlakých čerpadel (konkrétně na elektrárně Ledvice, čerpadlo GEHO), kterými je hustá hydrosměs trubicím vedením vytlačována na úložiště ve vzdálenosti cca 5 kilometrů. Po uložení této směsi dochází k částečnému vytvrzení uloženého materiálu.

Tato metoda je velice náročná na provozní údržbu a oproti předchozímu způsobu i investičně náročnější.

3.1.3 Metoda zpětného odvozu do vyuhlených lomů

V některých elektrárnách, mimo Severočeský hnědouhelný revír, např. elektrárna Mělník, se do budoucnosti uvažuje s využitím vedlejšího energetického produktu v uhelných lomech, kde by byly vytvořeny příjmové terminály, a materiál by byl využíván ve vyuhlených prostorech pomocí báňské technologie. V tomto případě se uvažuje s tím, že kolejová doprava, kterou je přiváděno uhlí, by byla využita zpětně na odvoz vedlejšího energetického produktu. Klasické uložení vedlejšího energetického produktu pomocí hydraulické dopravy na odkaliště, jak již bylo uvedeno, nelze vzhledem k využití energosádrovce realizovat.

Tento léta využívaný způsob ukládání popílku a škváry byl investičně a provozně nejméně náročný. V některých případech, zejména u teplárenských provozů je sice nadále na omezenou dobu (ještě cca 5 až 10 let) využíván s tím, že energosádrovec se likviduje separátně, což lze provádět jenom do určitého množství energosádrovce. Na elektrárenských provozech by byl tento způsob neekonomický.

3.2 Výhody a nevýhody jednotlivých způsobů likvidace VEP

3.2.1 Metoda ukládání báňskou technologií

Ověřená technologie s letitými zkušenostmi. Provozně středně náročná, využívaná desítky let na povrchových dolech při zakládání nadloží do venkovních a vnitřních výsypek dolů, s tím, že vždy musí být použito překrytí svrchní vrstvy. V elektrárnách využíváno v podstatě stejné strojní zařízení modifikované na lehčí provoz. Značný problém tohoto způsobu je vysoká prašnost při dopravě a vlastním ukládání, zejména při nedodržení technologické kázně.

3.2.2 Metoda čerpání husté hydrosměsi

U nás neobvyklý způsob, provozně velmi náročný, investičně nejnáročnější. Výhodou je stabilizace produktu na místě uložení a v podstatě bezprašná trasa dopravy. Slabým místem této dopravy je nutné bezpodmínečně dodržet technologickou kázeň, to znamená důsledně sledovat konzistenci dopravovaného materiálu a po každém ukončení kampaňovitého provozu propláchnutí potrubní trasy.

3.2.3 Metoda zpětného odvozu do vyuhlených lomů

U elektráren, které nejsou v blízkosti dolů, je tento způsob jediný možný pro budoucí období. Prozatím tato metoda není moc využívána pro svou nákladovost.

4 Metodika při ukládání VEP

Tato kapitola se zabývá metodickým postupem ukládání vedlejších energetických produktů na úložištích. Vychází se zde z příkladu ukládání Elektrárny Prunéřov I. a II. [6]

4.1 Místně provozní předpis

Provozní řád se zpracuje pro ukládání vedlejších energetických produktů, tj. produktů po spalování hnědého uhlí v klasické elektrárně a samostatně ukládaného energosádrovce do vodohospodářsky připraveného území. Z celkové výměry plochy připravovaného území budou produkty po spalování hnědého uhlí ukládány na cca 4 pětiny plochy. Vodohospodářsky zabezpečená plocha (kazety) pro ukládání energosádrovce bude cca 1 pětina plochy.

Celkový objem úložného prostoru u jednotlivých úložišť se bude pohybovat v rozmezí 10mil. m³ až 25,5 mil. m³.

4.1.1 Charakter a účel stavby

Stavba bude realizována pro ukládání produktů po spalování hnědého uhlí a ukládání energosádrovce jako produktu pro budoucí využití např. ve stavebnictví.

Inertní zeminy budou ukládány v rámci protiprašných opatření jako jeden ze způsobů možnosti zabezpečení protiprašného opatření. Do prostoru stavby se nesmí ukládat jiné materiály než výše uvedené.

4.1.2 Technický popis stavby

V rámci výstavby úložiště budou vybudovány tyto hlavní objekty:

- Úložný prostor pro EGS
- Drenáž kazety EGS
- Drenáže ostatní
- Potrubí postřiku
- Monitoring
- Retenční jímky
- Dopravní systém DPD
- Obslužné komunikace podél DPD
- Přístupové komunikace

- Most přes DPD
- Překládací místo a komunikace pro EGS
- Případně výtlačné potrubí do ČDV a další potřebné zařízení

Drenážní voda z vnitřní drenáže prostoru pro ukládání produktu po spalování hnědého uhlí bude soustřeďována v objektu vodního hospodářství (zde bude sledována její kvalita) a přečerpávání pomocí ČS na ČDV, přednostně však bude využita na postřik v rámci protiprašných opatření, zpět na prostor ukládání.

Objekt vodního hospodářství bude mít navrženy retenční jímky a potrubí pro dopravu vody zpět do úložiště. Tyto objekty budou sloužit pro zachycování vnitřních drenážních vod z drenážních systémů prostoru pro ukládání vedlejších energetických produktů. Jedná se o vody z vnitřní drenáže nově vybudovaných prostorů. Retenční jímka pod základní hrází bude o objemu cca 60 000 m³, retenční jímka pod kazetami energosádrovce bude o objemu cca 800 m³.

Při realizaci bude nutné provést vystrojení čerpací stanice v prostoru retenční jímky. Čerpací stanice bude složena ze dvou dílčích čerpacích stanic a to následovně:

- 1) podávací čerpací stanice (ponorná čerpadla)
- 2) hlavní čerpací stanice (horizontální čerpadla)

Podávací čerpadla budou ovládána do výšky hladiny vody v retenční jímce a budou sloužit jako podávací čerpadla pro čerpadla horizontální (hlavní). Ponton pro osazení podávacích čerpadel bude navržen jako ocelová konstrukce na plovácích. Hlavní čerpací stanice (horizontální čerpadla) – bude umístěna na přemístitelném čerpadlovém rámu na upraveném terénu u obslužné komunikace. Horizontální čerpadla budou spouštěna na základě signálu o zaplavení a tlaku v sacím potrubí (výtlak podávacích čerpadel) a budou sloužit hlavní čerpadla výtlaku. Po jejich spuštění se začnou otevírat uzavírací armatury na výtlaku. Přemístitelný čerpadlový rám, na kterém budou čerpadla umístěna, bude navržen jako ocelová konstrukce. Za běžného provozu bude po ukončení čerpání uzavřena klapka na výtlaku a otevřena uzavírací klapka na odvodňovacím potrubí.

Jímka energosádrovce – bude zajišťovat zadržení průsakových vod z kazet pro ukládání energosádrovce. Jímka bude vyhloubena na připravené upravené pláni.

Půdorys jímky bude obdélníkového tvaru. V rámci tohoto dílčího stavebního objektu bude řešené vystrojení čerpací šachty u retenční jímky energosádrovce – 800 m³. Čerpací šachta u akumulární jímky bude osazena dvěma čerpadly. Odtud bude voda čerpána do potrubí pro postřik ukládaného energosádrovce.

Voda se bude dopravovat na skládku nadzemním řádem z hliníkových rychlospojkových trub s hydranty rozmístěnými po obvodu skládky. Po skládce bude rozvod proveden chemlonovými hadicemi nebo přenosným závlahovým potrubím, na kterém se osazuje děrované rozvodné potrubí (případně postřikovače).

Úložný prostor energosádrovce (kazeta) – upravená pláň dna kazety bude minimálně 1 m nad hladinou podzemní vody. Odvodnění prostoru energosádrovce - kazety zajistí plošný drén ve dně kazety, složený ze dvou vrstev. Spodní vrstvu plošného drénu bude tvořit struska z elektrárny o tloušťce 0,7 - 0,8 m, horní vrstvu bude tvořit popel o tloušťce 0,2 - 0,3 m.

V nejnižším místě kazety bude svodný drén, z poloperforovaného potrubí, který odvede vodu z plošného drénu kazety do retenční jímky.

Ostrahu bude zajišťovat bezpečnostní agentura pro celý prostor úložiště a dopravní systém. Sociální zařízení pro obsluhy bude k dispozici v dispečinku DPD.

4.2 Technologie zakládání VEP

Úložiště bude provozováno jako řízené úložiště. Zaplňováno bude dle zpracovaného technologického postupu, případně operativně dle pokynů vedoucího pracovníka.

Uložený vedlejší energetický produkt bude rozhrnut buldozerem tak, aby se udržovala minimální pracovní plocha úložiště. K zabránění šíření prašnosti bude nutno tento vedlejší energetický produkt zahrnout krycím zemním materiálem. Případně může být použita jiná forma protiprašného opatření.

Sklon vnitřních svahů úložiště bude navržen v poměru 1:3 (generální sklon). Povrch konečné horní vrstvy bude upravována do 5% oboustranného sklonu k okrajům úložiště s ohledem na umožnění odtoku srážkových a případně i kropících vod a následné zatěsnění a rekultivaci povrchu.

Jako krycí materiál bude využívána výkopová zemina z určené mezideponie materiálu. Veškerý přivezený materiál a vyložený vedlejší energetický produkt bude nutno zpracovat do příslušné vrstvy v co nejkratší době (nejdéle v jedné směně). Současně se zvyšováním tělesa úložiště bude probíhat technologická úprava vnějšího líce ve sklonu 1:6 pro následnou rekultivaci. Při ukládání vedlejších energetických produktů, jejich rozhrnování a překrývání bude nutné pracovníky úložiště dbát, aby nebyla poškozena zařízení úložiště, zejména těsnicí konstrukce, drenážní svod (při ukládání prvních vrstev) a monitorovací zařízení.

Provoz a údržba technologických zařízení (čerpadla, uzávěry potrubí) se bude řídit návody na obsluhu podle pokynů výrobců nebo dodavatelů těchto zařízení. Po celou dobu provozování úložiště bude věnována zvýšená pozornost opatřením pro zachování celistvosti těsnění a drénů. Za nejpodstatnější považujeme vymezit postup zakládání tak, aby s přihlédnutím k nízkým pevnostním a přetvárným parametrům vrstvy výsyvky do hloubky cca 15 m nemohlo dojít k porušení celistvosti těsnění a integrity drénu a to nerovnoměrným sedáním, sesuvným pohybem v důsledku porušení únosnosti podložní výsyvky nebo tahovými trhlinami v důsledku vzniku tahových napětí v těsnicí vrstvě.

4.2.1 Zakládání pomocí pomocné mechanizace

Vlastní ukládání vedlejších energetických produktů bude řešeno pomocnou mechanizací sestavenou z následujících strojů: 1x dozer Komatsu, 1x čelní kolový nakladač Komatsu a 1x dempr Komatsu. Postup zakládání představuje následující 4 kroky:

Krok 1. - pro ukládání vedlejších energetických produktů bude vyčleněn a připraven prostor levé části kazety široký 60 m (vybudována spodní drenážní vrstva). Plošný drén bude realizován v rámci provozního ukládání vedlejších energetických produktů, vždy v předstihu pro každý jednotlivý blok. Skladba plošného drénu je následující:

- 0,7 až 0,8 m vrstva škváry uložena na dno kazety
- 0,2 až 0,3 m přechodová vrstva z popílku

Důvodem je zamezení zvýšené prašnosti z větší plochy popílkové pláně, kterou z důvodů potřebných filtračních vlastností nelze ochránit klasickými prvoprašnými opatřeními (překrytím inertním materiálem, geotextilií nebo hydrosenem).

Materiál z překládacího místa bude převážen demprem do místa jeho uložení. Zde bude dozerem rozhrnován a hutněn. Na kratší vzdálenost cca 50 m lze materiál rozhrnout přímo dozerem. Z uloženého materiálu bude tvarován základní blok při tvarování bočních svahů ve sklonu 1:4. V jednotlivých blocích bude vedlejší energetický produkt ukládán po vrstvách o mocnosti 6 m.

Při stanovených sklonech a šířce zakládaného bloku bude jeho výška 7,5 m. Do bloku bude uloženo 50 tis. m³.

Krok 2. - tento krok představuje ukládání vedlejších energetických produktů v pravé části kazety. Jedná se o plochu širokou 60 m a materiál bude ukládán do bloku, který bude nasedlán na levou část základního bloku. V tomto bloku při dodržení sklonu 1:4 se dosáhne výšky uloženého materiálu 15 m. Do bloku bude uloženo 120 tis. m³.

Krok 3. – další část kazety v šířce 60 m umožní uložit stejným způsobem jako v předcházejícím kroku a při dosažení výšky uloženého tělesa 24 m celkem 155 tis. m³.

Krok 4. – poslední část kazety bude zaplňována stejným postupem s tím, že ukládaný materiál bude vytvářet konečný tvar šikmých ploch při dodržení sklonu 1:4. Maximální výška uložených vedlejších energetických produktů bude cca 30 až 32 m. V této etapě bude uloženo cca 310 tis. m³.

Tímto způsobem bude uloženo celkem 635 tis. m³ vedlejších energetických produktů. Ve značné míře se využívá toto směsné zakládání (což obsahuje popílek, škváru a energosádrovec) – vedlejší energetické produkty a do vlastních kazet energosádrovce se energosádrovec ukládá minimálně.

Závěrečné tvarování vedlejších energetických produktů v kazetě

Postupem ukládání vedlejších energetických produktů ve výše popsanych krocích dochází k vytvoření konečného generálního svahu nasypaného tělesa se sklonem 1:6. V prostoru jihozápadní části bude následně provedeno závěrečné překrytí tohoto svahu inertním materiálem.

Severní svahy vytvořeného tělesa s provozním sklonem svahu 1:3 budou v dalších etapách výstavby dotvarovány na závěrný sklon 1:6 dle podmínek, které budou vznikat při postupném souběžném zakládání vedlejších energetických produktů v závislosti na množství jednotlivých ukládaných vedlejších energetických produktů v tomto období.

Jižní svahy tělesa směrem k překládacímu místu a DPD budou mít provozní sklon 1:4 a závěrný generální svah tělesa 1:6 bude následně dotvarován.

Protiprašná opatření

Pro zabránění zvýšené prašnosti v průběhu ukládání vedlejších energetických produktů bude použit buď postřik pomocí mobilního potrubí postřiku, který bude napojen na stávající stabilní rozvod podél dálkové pásové dopravy případně na potrubí postřiku z retenční jámky energosádrovce.

Zároveň lze využít i možnost latexového hydroosevu na plochách, které budou dlouhodoběji (3 až 12 měsíců) vystaveny povětrnostním vlivům a nebude zde pojezd mechanizace. Protiprašné opatření inertními zeminami lze realizovat pouze jako závěrné zakrytí konečného tvaru tělesa.

4.2.2 Zakládání pomocí dálkové pásové dopravy

Vzhledem k charakteru a požadavkům zakládání popelů báňskou technologií byl také navržen postup jeho ukládání v jednotlivých výškových etážích s využitím dálkové pásové dopravy (DPD), včetně shazovacích vozů (S-vozů) a pásového zakládacího vozu (PVZ) takto:

Přípravný krok - pro přejezd PVZ z montážního místa k DPD, bude vyrovnáno území mimo tímto montážním místem a pozicí SV (shazovacího vozu) na DPD u vratné stanice dopravníku. Materiál (popel) bude dopraven z elektrárny pomocí stávající DPD (technologický pasová doprava uvnitř elektrárny a DPD) a dále přes otočný pád PD, DPD a SV. Pomocí dozeru bude upravena pláň. Objem uloženého materiálu bude 20 tis. m³.

Krok 0. - po přejetí PVZ z montážního místa do prostoru pod výložník SV pokračuje zakládání popelů do hloubkové etáže a vytváření pláně široké 72 m pro přejezd PVZ k zakládacímu dopravníku DPD. Po ukončení transportu PVZ podél spojovacího dopravníku bude bezprostředně pokračovat zakládání do hloubkové etáže podél levé strany DPD ve směru dopravy materiálu od vratné stanice k poháněcí stanici dopravníku. DPD bude v základním postavení. Postavení PVZ od zakládacího dopravníku bude cca 30 m.

Postupem zakládání od VS k PS DPD bude nasypán blok o šířce 80 m na úroveň + 346 m n. m. Po dojezdu do nejzazší polohy SV u PS dopravníku DPD bude dosypán prostor kolem této poháněcí stanice a upraven dozerem pro přejezd PVZ na pravou stranu dopravníku DPD. Objem uloženého materiálu do spodní etáže bude 470 tis. m³.

Krok 1. - po přejezdu PVZ na pravou stranu zakládacího dopravníku DPD bude zahájeno ukládání materiálu do horní etáže na úroveň + 350 m n. m. tak, aby byl ponechán podél zakládacího dopravníku manipulační prostor široký 15 m pro příjezd obsluhy a údržby k PVZ. Zakládací vůz bude nejdříve ukládat po pruhu podél dopravníku DPD tak, aby dozerem bylo možné upravit manipulační plochu pro PVZ a následně otočením výložníku do požadovaného směru zasypat prostor mezi DPD a výsypkou. Objem uloženého materiálu do horní etáže bude 150 tis. m³.

Krok 2. - po dosažení krajní polohy SV u VS dopravníku DPD bude přerušeno zakládání a provedena I. paralelní přestavba DPD o 55 m západním směrem.

PS DPD bude postavena na úroveň pláně + 346 m n. m. PVZ zajede k SV z VS PD. Následovat bude postup zakládacího vozu podél DPD směrem k PS a bude zakládat materiál do výškové etáže + 351 m n. m. Po dojetí k PS bude muset přejet zakládací vůz na levou stranu DPD a zahájit zakládání hloubkové etáže v šíři bloku 55 m směrem k VS. Objem uloženého materiálu bude 570 tis. m³.

Krok 3. - tento krok bude zahájen přesunutím PVZ tak, aby se uvolnil prostor u přesypu DPD na druhou DPD tak, aby byla umožněna II. paralelní přestavba druhé DPD o 55 m západním směrem. Následovat bude zakládání hloubkové etáže směrem k PS o šířce bloku 55 m. Předpokládaná úroveň pláně pro budoucí přestavbu PS bude na úrovni + 345 m n. m.

Následně bude objezd PVZ kolem PS na pravou stranu dopravníku DPD a bude zahájeno zakládání výškové etáže + 352 m n. m. Objem uloženého materiálu bude 660 tis. m³.

Krok 4. - v podstatě jde o stejné postupy jako u kroku č. 2. Úroveň hloubkové etáže navrhujeme + 345 m n. m. a výškové etáže + 352 m n. m. V rámci tohoto kroku bude provedena paralelní přestavba č. III. DPD. Objem uloženého materiálu bude 680 tis. m³.

Krok 5. - dtto krok č. 3 – paralelní přestavba IV. úroveň hloubkové etáže bude + 345 m n. m. a výškové etáže + 352 m n. m. Objem uloženého materiálu bude 640 tis. m³.

Krok 6. - dtto krok č. 2 – paralelní přestavba V. úroveň hloubkové etáže bude + 346 m n. m. a výškové etáže + 352 m n. m. Objem uloženého materiálu bude 440 tis. m³.

Krok 7. - dtto krok č. 3 – paralelní přestavba VI. úroveň hloubkové etáže bude + 347 m n. m. a výškové etáže + 352 m n. m. Objem uloženého materiálu bude 400 tis. m³.

Krok 8. - dtto krok č. 2 – paralelní přestavba VII. úroveň hloubkové etáže bude + 348 m n. m. a výškové etáže + 352 m n. m. Objem uloženého materiálu bude 300 tis. m³.

Krok 9. - dtto krok č. 3 – paralelní přestavba VIII. úroveň hloubkové etáže bude + 349 m n. m. a výškové etáže + 352 m n. m. Objem uloženého materiálu bude 270 tis. m³.

Poznámka: V tomto kroku bude nutné provozně upravit nedeponovaný materiál na požadovanou úroveň 349 m n. m.

Krok 10. – v podstatě jde o opakovaný krok 2., ale před zahájením přestavby č. IX DPD bude nutné zkrátit dopravník o 160 m. Tímto krokem bude ukončeno zakládání popelů. Objem uloženého materiálu bude 30 tis. m³.

Celkový objem uložených popelů bude 4,630 mil. m³.

Závěr

Cílem této práce je zhodnocení používaných metod ukládání vedlejších energetických produktů. Řešeny byly nejpoužívanější metody se zaměřením na technické možnosti a využití jednotlivých metod s ohledem na umístění a ekonomickou situaci. Současně se práce zabývá návrhem dalšího možného postupu ukládání vedlejších energetických produktů.

Lze konstatovat, že již desítky let používaná metoda ukládání VEP báňskou technologií, je i nadále nejvíce využívána při použití dálkové pasové dopravy pro přesun na místo určení. Důležité je i řešení prašnosti při dopravě a při samotném ukládání.

Bezprašnou trasu dopravy VEP umožňuje metoda čerpání husté hydrosměsi. Tato metoda je však investičně nejnáročnější a provozně velmi obtížná.

Další řešenou metodou ukládání VEP je zpětný odvoz do vyuhlených lomů. Pokud elektrárna není v blízkosti dolů, je tato metoda zpětného odvozu jako jediný vhodný způsob pro ukládání. V současné době pro své velké náklady však není moc využívána.

Využití vedlejších energetických produktů je možné i v jiných průmyslových oblastech, jako např. ve stavebnictví, kde dochází ke značnému rozvoji využití různých materiálů při výrobě stavebních hmot. Tento trend souvisí s omezenými zdroji nových materiálů, ale hlavně se snahou o minimalizaci nákladů za ukládání VEP.

Nutno připomenout, že hmoty a výrobky na bázi druhotných surovin musí dlouhodobě splňovat určité parametry – technologická a ekologická vhodnost. A pro svou konkurenceschopnost musí splňovat i ekonomické parametry – je proto nutno volit méně náročnou technologii zpracování s nejvyšším možným využitím těchto materiálů.

Navržená metodika řeší ukládání vedlejších energetických produktů, stanoví místně provozní předpis, technologii a způsob zakládání, a to jak za použití pomocné mechanizace, tak za použití dálkové pasové dopravy. V jednotlivých krocích návrhu je uvedeno předpokládané množství uloženého materiálu.

Použitá literatura

- [1] KRYL, V. a kol.: *Povrchové dobývání ložisek*. Skriptum VŠB-TU Ostrava, 1997, Ostrava
- [2] JURNÍK, A.: *Ekologické skládky domovního a průmyslového odpadu*, ALDA 1994, Olomouc
- [3] Vyhláška ČBÚ č. 26/1989 Sb., o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a při činnosti prováděné hornickým způsobem na povrchu.
- [4] KŘENEK, V.: *Energetické využití a zneškodňování odpadů*. Dostupné na WWW: http://www.kke.zcu.cz/_files/predmety/evo/prednaska6.doc
- [5] KROUPA, M.: *Diplomová práce, Metody rekultivace složišť vedlejší energetické produkce a jejich porovnání*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, 84 stran, Brno 2006
- [6] BP Plzeň, s.r.o., *Místně provozní předpis pro stavbu severní lom elektrárny Pruněřov*, 58 stran, Plzeň 1996
- [7] FORMÁNEK, P.: *Využití vedlejších energetických produktů elektráren Pruněřov*, Plzeň 2001
- [8] VEJVODA, J. a kol.: *Odsiřování spalin v České republice*. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Recenzovaná a revidovaná verze doručená 30. 10. 1998
- [9] SVOBODA, P.: *Využití průmyslových odpadních materiálů při výrobě stavebních hmot*, Praha. Dostupné na WWW: <http://www.casopisstavebnictvi.cz/clanek.php?detail=753>
- [10] ČEZ a.s., Praha 4, Duhová 2/1444. Dostupné na WWW: www.cez.cz/edee/content/file/investori/odsirovani.pdf
- [11] ČEZ a.s, UHELNÉ ELEKTRÁRNY. Dostupné na WWW: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektřiny/uhelne-elektřarny/strategie-a-aktivity-cez-v-oblasti-ue.html>
- [12] Program ekologizace, snižování čistoty ovzduší Skupiny ČEZ. Dostupné na WWW: <http://www.cez.cz/cs/energie-a-zivotni-prostredi/zivotni-prostredi/programy-snizovani-zateze-zp/snizovani-znecisteni-ovzduši/program-ekologizace.html>

- [13] Ministerstvo životního prostředí, *Národní program snižování emisí České republiky*. 46 stran, Praha 2007
- [14] ENERGYWEB. Dostupné na WWW:
<http://www.energyweb.cz/web/index.php?display_page=2&subitem=1&ee_chapter=2.5.6>
- [15] SILOTRANSPORT. Dostupné na WWW:
<<http://www.silotransport.cz/pop%C3%ADlek>>
- [16] PLZEŇSKÁ ENERGETIKA, a. s. Dostupné na WWW:
<<http://www.pe.cz/ekologie/vystavba-odsireni.htm>>
- [17] PREZENTACE, 2 ODPADY Z ENERGETIKY.pdf

Seznam tabulek

<i>Tabulka 1 Vývoj produkce VEP v elektrárnách ČEZ</i>	<i>3</i>
<i>Tabulka 2 Výstavba odsiřovacích jednotek na uhelných elektrárnách ČEZ</i>	<i>16</i>
<i>Tabulka 3 Program útlumu uhelných bloků</i>	<i>17</i>
<i>Tabulka 4 Program výstavby fluidních kotlů v uhelných elektrárnách ČEZ.....</i>	<i>18</i>

Seznam grafů

<i>Graf 1 Využití VEP</i>	<i>2</i>
<i>Graf 2 Vývoj produkce VEP na elektrárnách ČEZ.....</i>	<i>3</i>

Seznam obrázků

<i>Obrázek 1 Porovnání vývoje vypočtených imisních koncentrací v Severních Čechách v letech 1991 a 1999[10]</i>	<i>9</i>
<i>Obrázek 2 Schéma odsíření mokrou vápencovou cestou [14]</i>	<i>11</i>
<i>Obrázek 3 Přehledný 3D model odsiřovací jednotky - Mokrý vápencová metoda. [16]</i>	<i>15</i>
<i>Obrázek 4 Popílek [15]</i>	<i>19</i>
<i>Obrázek 5 Struska [15]</i>	<i>20</i>
<i>Obrázek 6 Energosádrovec [15]</i>	<i>20</i>
<i>Obrázek 7 Schéma vzniku popílku [15]</i>	<i>21</i>

Seznam příloh

Příloha č. 1 *Mechanizace pro ukládání VEP (Autor foto: Ing. Pavel Formánek)*

Obrázek 1 Dálková pásová doprava, šíře 1200 mm

Obrázek 2 Pásový vůz zakládací, šíře 1200 mm

Obrázek 3 Pásový vůz zakládací – rameno, šíře 1200 mm

Obrázek 4 Poháněcí stanice dálkové pásové dopravy, šíře 1200 mm

Obrázek 5 Hrubé terénní úpravy pomocí dozeru

Příloha č. 2 *Mapový podklad pro zakládání EGS (Zdroj dat: BOHEMIAPLAN, s. r. o.)*

